Décembre 2007 Série technique 07-124

Analyse des murs de masse visant les habitations au Canada

INTRODUCTION

Le chauffage solaire passif offre de grandes possibilités en matière de réduction des sources d'énergie traditionnelles pour le chauffage des maisons au Canada.

Les gains directs constituent la forme la plus courante de chauffage solaire passif. Le rayonnement solaire pénètre à travers les fenêtres orientées au sud, puis chauffe l'intérieur de la pièce, où l'énergie est stockée dans les composants du bâtiment pour être diffusée plus tard. L'étude dont il est question ici examine la performance d'un autre type de système de chauffage solaire passif — le mur de masse. Les murs de masse sont prometteurs dans le domaine de l'énergie solaire passive, là où les gains directs ne conviennent pas.

Le système de chauffage solaire en mur de masse est composé d'un mur en béton de 200 à 300 mm (8 à 12 po) d'épaisseur à l'arrière d'un vitrage, le tout faisant face au sud.

La surface du mur à l'arrière du vitrage est peinte d'une couleur foncée, habituellement noire, ou recouverte d'une feuille métallique à enduit sélectif. Le rayonnement solaire qui passe à travers le vitrage illumine la paroi extérieure du mur, ce qui la réchauffe. La chaleur se déplace dans le mur par conduction, pour être diffusée dans la pièce à l'arrière du mur, par rayonnement et convection (voir figure 1).

Une variation de ce type de système solaire passif, dans lequel on place des évents en partie inférieure et supérieure du mur, s'appelle le mur Trombe, d'après l'architecte français qui a été le premier à proposer et à construire ce genre de système (voir figure 2).

Dans un mur Trombe, la chaleur est transférée à travers le mur à la fois par conduction et par le déplacement de l'air en raison de la convection naturelle. L'air situé entre le vitrage et la paroi extérieure du mur en béton est chauffé avant de s'élever et de se diffuser dans la pièce par l'évent du haut, lequel est remplacé par de l'air plus frais qui entre dans le vide du mur Trombe par l'évent à la base du mur. On ferme les évents la nuit pour empêcher que le mur ne se refroidisse.

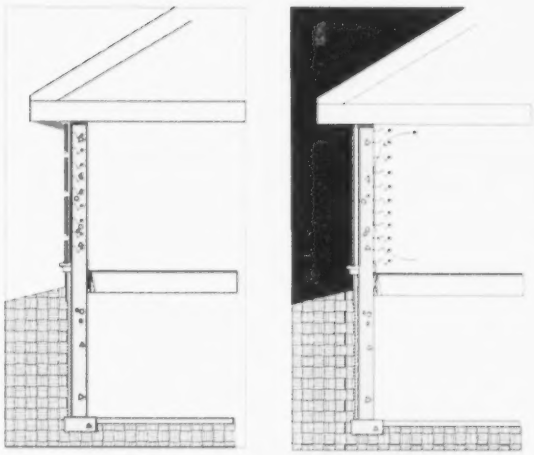

Figure 1 Mur de masse le jour et la nuit

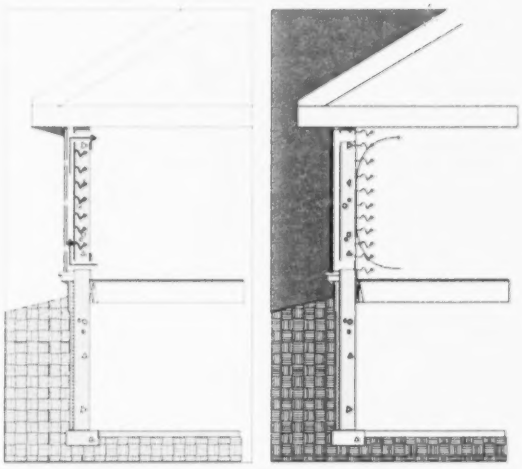

Figure 2 Mur Trombe le jour et la nuit

Canada

SCHL CMHC
AU CŒUR DE L'HABITATION

Cette recherche qui examine les murs de masse comme solution de rechange au chauffage solaire passif direct. En théorie, les murs de masse peuvent :

- Offrir aux concepteurs et aux propriétaires une gamme étendue d'options en matière de chauffage solaire pour les maisons, qui répondent à leurs besoins particuliers.
- Prévoir une option de rechange là où les gains directs ou les gains directs seuls ne constituent pas la meilleure solution, comme une situation où des éléments ayant trait à la vie privée ou le bruit, ou l'exposition au soleil (températures élevées, dégradation de l'ameublement, des fournitures et des œuvres d'art par rayonnement), ou toutes ces situations réunies, empêchent que l'on mette en œuvre de grandes surfaces vitrées orientées au sud.
- Transmettre des gains solaires aux espaces, dans lesquels les écarts de températures seraient tenus au minimum.
- Assurer des gains solaires aux espaces, comme les bureaux à domicile, de manière à réduire au minimum l'éblouissement, voire l'éliminer.
- Fournir des gains solaires aux espaces où l'éclairage doit être contrôlé de manière serrée ou aux pièces où la lumière du jour n'est pas souhaitable, comme dans le cas d'une installation de cinéma maison.
- Fournir des gains solaires aux espaces utilisés surtout la nuit, comme les chambres.

Toutefois, aucune étude en profondeur n'a été effectuée sur la mesure dans laquelle les murs de masse peuvent offrir ces avantages dans les maisons au Canada. Par conséquent, la SCHL a commandé une recherche afin d'évaluer, à l'aide d'une simulation par ordinateur, la performance énergétique de deux murs de masse.

MÉTHODOLOGIE

L'étude a été répartie en trois étapes :

Étape 1

La première étape a consisté à mettre au point des échantillons représentatifs de maisons qui pourraient être employés pour la modélisation informatique.

Pour ce faire, les chercheurs ont élaboré des archétypes résidentiels thermiques mis à jour pour six endroits (Vancouver, Edmonton, Winnipeg, Toronto, Montréal et Halifax), en se fondant sur des travaux antérieurs menés par Ressources naturelles Canada, jumelés à la base de données ÉnerGuide (EGM) courante. Ces maisons ont ensuite été modifiées à l'aide de HOT2000[1], afin d'atteindre le niveau de performance de la norme R-2000 et des maisons évoluées, ce qui a produit au total 18 archétypes thermiques (six échantillons traditionnels, six R-2000 et six évolués).

Les dimensions des fenêtres orientées au sud ont été déterminées à l'aide du logiciel « Aide-mémoire de surchauffe » qui fait partie de la publication de la SCHL intitulée *Capter le soleil*[2]. Les maisons présentaient les rapports de fenêtres orientées au sud —aire de plancher ci-dessous :

- Maison traditionnelle (code du bâtiment courant) — 4 à 5 %
- R-2000 — 3 à 4 %
- Maison évoluée — 2,5 à 3 %

Étape 2

Pour réaliser cette étape, les données des archétypes ont été saisies dans Suncode, une version PC du logiciel SERI-RES ou SUNREL qui permet d'effectuer des simulations de données de base sur la performance horaire. Suncode est un modèle de simulation horaire qui, contrairement aux autres logiciels de simulation thermique, offre la possibilité de modéliser les systèmes de chauffage solaires passifs sous forme de murs de masse et de murs Trombe.

Étape 3

La troisième étape réalisée par les chercheurs a été de mener des simulations de murs de masse. Des simulations additionnelles ayant trait à la sensibilité ont été exécutées dans lesquelles une portion du mur face au sud de chaque archétype de base a été remplacée par un mur de masse ayant des caractéristiques variées. Ces simulations avaient pour objectif de déterminer :

- Les températures horaires prévues sur la paroi intérieure du mur de masse lors d'une journée d'hiver typique par temps dégagé.
- Les températures horaires prévues du vide d'air entre le mur et le vitrage lors d'une journée d'hiver typique par temps dégagé.
- Les températures horaires prévues sur la paroi intérieure du mur de masse lors d'une journée d'hiver typique par temps nuageux.
- Les températures horaires prévues sur la paroi intérieure du mur de masse lors d'une journée d'été typique par temps ensoleillé.
- L'énergie annuelle utile captée par le système (comparativement aux cas de référence).

---

1 Logiciel de Ressources naturelles Canada utilisé pour déterminer combien d'énergie une maison consommera et pour veiller à ce que ce niveau soit égal ou inférieur à la cible énergétique établie dans la norme R-2000.

2 Société canadienne d'hypothèques et de logement, *Capter le soleil : Techniques solaires passives et modèles de maisons*, 2006.

L'un des objectifs de conception était de sélectionner une épaisseur de mur qui garantirait que les gains thermiques dans l'espace seraient retardés jusqu'à la tombée de la nuit, de manière à ne pas coïncider avec la période de gains solaires directs ou celle des gains internes de chaleur. C'est pour cette raison que pour la plupart des simulations, on a posé comme hypothèse que les murs de masse n'étaient pas ventilés vers l'intérieur, ce qui aurait augmenté les gains thermiques solaires durant le jour.

Des murs de masse à haute performance ont été simulés pour tous les niveaux d'isolation et tous les emplacements. Ils consistaient en des murs en béton de 300 mm (12 po) d'épaisseur dotés d'un revêtement de surface sélectif sur la paroi extérieure et d'un vitrage à haute performance.

La surface sélective, habituellement employée dans les capteurs solaires, consiste en une surface de métal qui est un bon absorbant de rayonnement solaire, tout en étant un mauvais émetteur de rayonnement infrarouge. Les surfaces sélectives sont disponibles sous forme de feuilles métalliques qui s'appliquent sur un substrat. Ces caractéristiques augmentent la capacité du mur à capter le rayonnement solaire tout en réduisant les pertes de chaleur vers l'extérieur. Le vitrage à haute performance était composé :

- d'un double vitrage doté d'un enduit dur à faible émissivité; ou
- d'un triple vitrage ayant un panneau de verre du côté intérieur et du côté extérieur, et d'un film de plastique recouvert d'un enduit souple à faible émissivité suspendu entre les deux panneaux de verre; ou
- d'un vitrage triple doté de deux enduits à faible émissivité.
- d'un isolant translucide alvéolé suspendu entre les deux épaisseurs de verre.

Ces systèmes de vitrage présentent un gain de chaleur solaire d'environ 0,52 et une valeur RSI de 0,9 et 1,1.

RÉSULTATS

Comme le montre la figure 3, les plus importantes réductions de charge (plus importante contribution au chauffage des locaux par le mur de masse) se sont produites à Vancouver, en raison des pertes moindres du mur de masse engendrées par des températures extérieures plus élevées.

Les réductions de charge sont intimement liées au niveau d'efficacité énergétique de la maison. La maison traditionnelle affiche une plus longue « période de chauffage » et une proportion importante de la réduction de la charge à l'automne et au printemps se produit lorsqu'il y a davantage de soleil et que les températures extérieures sont plus élevées (pertes moindres par le mur de masse).

Réduction de la charge :

	Superficie, m^2	Épaisseur, mm	Enduit de surface	Vitrage	Vancouver MJ/m^2an	Edmonton MJ/m^2an	Winnipeg MJ/m^2an	Toronto MJ/m^2an	Montréal MJ/m^2an	Halifax MJ/m^2an
Traditionnelle	15,25	300	f. é.	T_2 f. é. arg	178,8	147,1	133,3	101,9	94,4	126,8
R-2000	15,25	300	f. é.	T_2 f. é. arg	112,3	65,8	99,0	81,4	5,6	63,0
Évoluée	15,25	300	f. é.	T_2 f. é. arg	69,4	35,7	14,0	34,0	-2,0	40,5

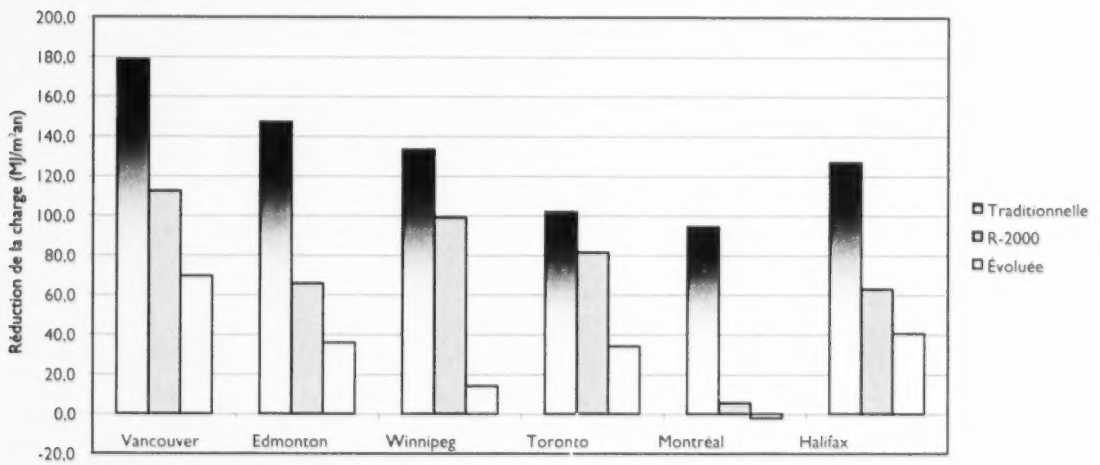

Figure 3 Réduction de la charge de chauffage pour les trois archétypes, par emplacement

Les résultats inattendus obtenus pour les maisons R-2000 et les maisons évoluées à Montréal s'expliquent mal, même après avoir relancé les simulations et l'analyse détaillée des résultats. Tant à Toronto qu'à Montréal, qui est à proximité, on trouve des pertes nettes de novembre à février, alors qu'à Montréal les gains au printemps et à l'automne sont insuffisants pour compenser les pertes.

En plus de calculer la réduction de la charge de chauffage imputable au mur de masse, le logiciel Suncode a également produit des données sur les températures à divers endroits du mur.

La figure 4 montre un exemple de la température de surface intérieure sur une période de 24 heures pour différentes épaisseurs et conductivité (béton haute conductivité) d'un mur de masse de 15,25 m^2 (163,61 pi^2) dans une maison R-2000 à Vancouver, lors d'une journée de printemps.

Tous les murs dont on a établi une simulation étaient dotés d'un enduit sélectif sur la surface du mur en béton et d'un triple vitrage muni de deux enduits à faible émissivité, et de lames d'argon.

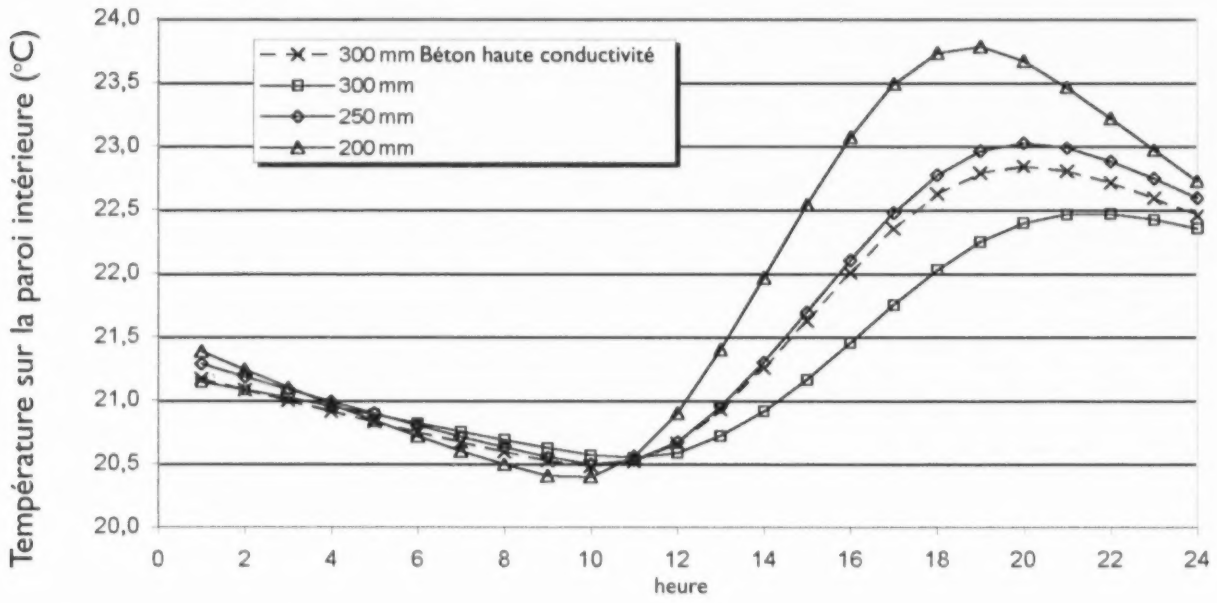

Figure 4 Échantillon des températures de la paroi intérieure (celsius) d'une maison R-2000 dans la région de Vancouver lors d'une journée de printemps

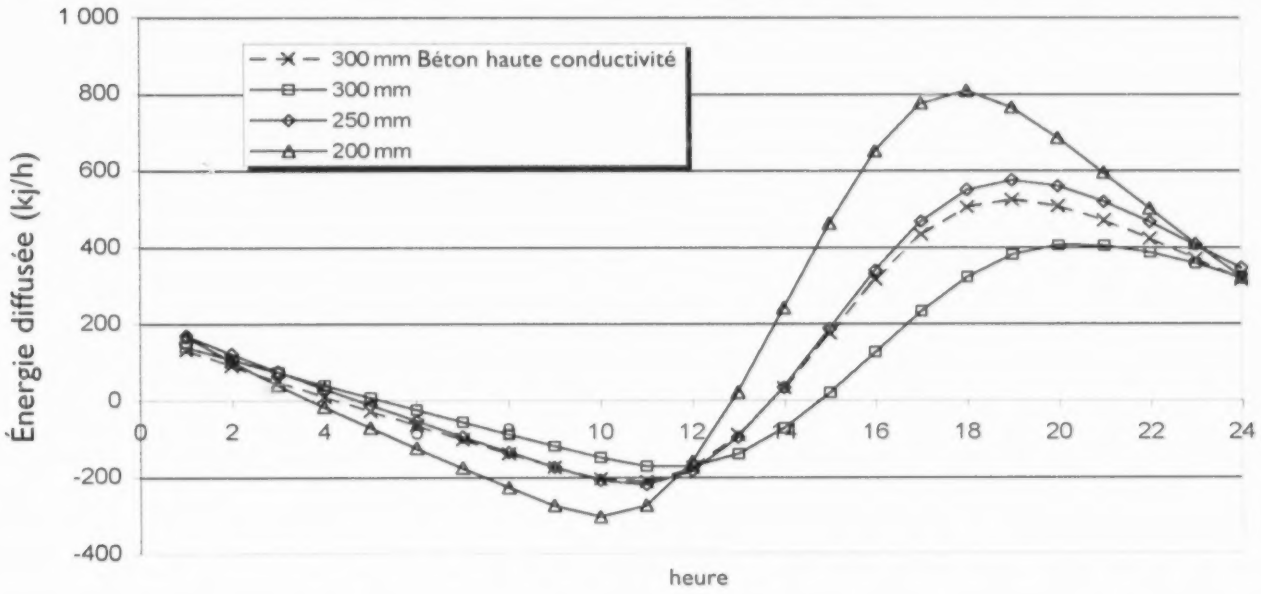

Figure 5 Énergie diffusée (kJ/h) vers l'intérieur d'une maison à Vancouver pendant une journée d'hiver par temps dégagé

La figure 5 montre, pour une même maison, et un même mur de masse et endroit, la quantité d'énergie diffusée vers l'intérieur lors d'une journée d'hiver typique par temps dégagé, dont la température oscille entre -3,3 et 3,3°C (26,06 à 37,94°F). Le mur le plus mince diffuse la plus grande quantité d'énergie.

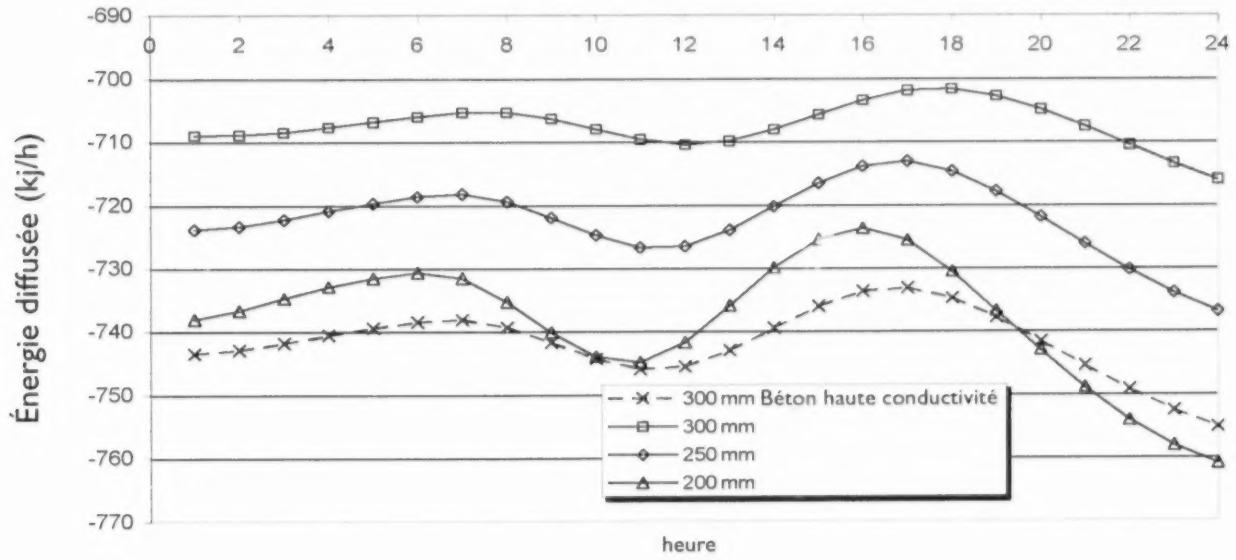

Figure 6 Énergie diffusée (kJ/h) vers l'intérieur d'une maison à Vancouver lors d'une journée typique d'hiver par temps nuageux

La figure 6 donne la quantité d'énergie diffusée vers l'intérieur de la même maison, et des mêmes types de murs de masse et au même endroit, lors d'une journée nuageuse d'hiver typique dont la température extérieure ont varié entre 0,6 et 4,4°C (33,08 à 39,92°F). Le mur le plus mince perd la plus importante quantité d'énergie.

CONCLUSIONS

Les murs de masse ou les murs Trombe (ventilés) qui remplacent des murs bien isolés orientés au sud donnent des réductions relativement faibles de charges de chauffage (de zéro à environ 180 MJ/m² de mur de masse, selon la configuration et l'emplacement), même lorsqu'ils sont dotés d'une surface sélective et de vitrage à haute performance. Le climat de la côte ouest a engrangé les plus importantes réductions de charges de chauffage.

Le remplacement des vitrages orientés au sud par un mur de masse ou un mur Trombe (ventilé) peut réduire la charge de chauffage d'environ 0,5 GJ/m²/an dans une maison R-2000 et près de 1,0 GJ/m²/an dans une maison traditionnelle — une réduction de 1% de la charge de chauffage des locaux tant pour la maison R-2000 que la maison traditionnelle.

Le fait de ventiler le mur de masse a très peu d'incidence sur la réduction des charges de chauffage des locaux (de 3 à 5 %) comparativement à un mur de masse non ventilé. Davantage de charge de chauffage est compensée le jour, mais moins la nuit. La température de l'air devant le mur de masse est réduite avec la ventilation. S'il est jumelé avec des gains directs, la possibilité de surchauffe dans la pièce à l'arrière du mur de masse est plus grande.

Un mur de 300 mm d'épaisseur ayant une conductivité normale produira le chauffage maximal autour de 21 h, tandis qu'un mur de 200 mm d'épaisseur atteindra sa pointe aux environs de 19 h. Une conductivité plus élevée donne le même effet que de réduire l'épaisseur du mur. La performance énergétique diminue faiblement avec la diminution de l'épaisseur ou l'augmentation de la conductivité.

Les murs à surface noire dotés de doubles vitrages à faible émissivité ont un bilan énergétique négatif lorsqu'il s'agit de maisons bien isolées dans les régions les plus froides du pays.

Dans la plupart des cas avec les murs de masse, la température dans la pièce était égale ou inférieure à celle des cas de référence.

Compte tenu de ce qui est disponible en matière d'absorbeurs solaires et de techniques de vitrage, les murs de masse ne semblent pas constituer une technique viable pour le chauffage des locaux au Canada.

Gestionaire de projet à la SCHL : Woytek Kujawski

Consultants pour le projet de recherche : Habitat Design + Consulting Ltd.

Recherche sur le logement à la SCHL

Aux termes de la partie IX de la ***Loi nationale sur l'habitation,*** le gouvernement du Canada verse des fonds à la SCHL afin de lui permettre de faire de la recherche sur les aspects socio-économiques et techniques du logement et des domaines connexes, et d'en publier et d'en diffuser les résultats.

Le présent feuillet documentaire fait partie d'une série visant à vous informer sur la nature et la portée du programme de recherche de la SCHL.

Pour consulter d'autres feuillets ***Le Point en recherche*** et pour prendre connaissance d'un large éventail de produits d'information, visitez notre site Web au

www.schl.ca

ou communiquez avec la

Société canadienne d'hypothèques et de logement
700, chemin de Montréal
Ottawa (Ontario)
K1A 0P7
Téléphone : 1-800-668-2642
Télécopieur : 1-800-245-9274

©2007, Société canadienne d'hypothèques et de logement
Imprimé au Canada
Réalisation : SCHL 27-03-08

Bien que ce produit d'information se fonde sur les connaissances actuelles des experts en habitation, il n'a pour but que d'offrir des renseignements d'ordre général. Les lecteurs assument la responsabilité des mesures ou décisions prises sur la foi des renseignements contenus dans le présent ouvrage. Il revient aux lecteurs de consulter les ressources documentaires pertinentes et les spécialistes du domaine concerné afin de déterminer si, dans leur cas, les renseignements, les matériaux et les techniques sont sécuritaires et conviennent à leurs besoins. La Société canadienne d'hypothèques et de logement se dégage de toute responsabilité relativement aux conséquences résultant de l'utilisation des renseignements, des matériaux et des techniques contenus dans le présent ouvrage.

65862